

اولویت‌بندی کشت محصولات عمده زراعی دشت قزوین با توجه به هزینه‌های انرژی و آب

زینب غلامی^۱، حامد ابراهیمیان^{۲*} و حمیده نوری^۳

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.

۲- نویسنده مسئول، استادیار، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران. ebrahimian@ut.ac.ir

۳- استادیار، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.

تاریخ دریافت: ۹۴/۸/۱۶

تاریخ پذیرش: ۹۵/۷/۱۱

چکیده

محدودیت منابع آب و انرژی، عملکرد پایین بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری، افزایش جمعیت و نیاز روزافزون به این منابع حیاتی، لزوم برنامه‌ریزی مناسب به منظور استفاده بهینه از منابع آب را نمایان می‌سازد. الگوی کشت نقش اساسی در طراحی شبکه‌های آبیاری دارد. مطالعه حاضر با هدف تعیین اولویت‌بندی کشت محصولات عمده زراعی (گندم، ذرت، یونجه و جو) در آبیاری بارانی با توجه به هزینه‌های انرژی و آب در دو حالت یارانه‌ای و غیر یارانه‌ای با استفاده از مدل تاکسونومی عددی انجام شد. در این راستا از اطلاعات و داده‌های تفصیلی سیستم‌های آبیاری بارانی و عملکرد محصولات تحت کشت این سیستم‌ها در سال ۱۳۹۰ در دشت قزوین استفاده شد. طبق نتایج به دست آمده، گندم و یونجه به ترتیب برای کشت‌های پاییزه و بهار دارای بالاترین نسبت درآمد به هزینه بود. اما بر اساس نتایج مدل، گندم و ذرت در هر دو حالت یارانه‌ای و غیر یارانه‌ای، به ترتیب برای کشت‌های پاییزه و بهار در اولویت هستند.

کلید واژه‌ها: آبیاری بارانی، اولویت‌بندی کشت، انرژی، تاکسونومی عددی، قزوین.

مقدمه

الگوی کشت به عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترهای طراحی شبکه‌های آبیاری مطرح است. تعیین الگوی کشت یک منطقه می‌تواند بر اساس اهداف مختلفی صورت گیرد. هدف کشاورزان حداکثر نمودن سود اقتصادی است، در حالی که سیاست کشور در اقتصاد، حداکثر نمودن سودآوری اجتماعی و بهره‌وری نهاده‌های مختلف به خصوص منابع محدود آبی و دستیابی به خودکفایی است. الگوی کشت بهینه یکی از مهم‌ترین پارامترهای طراحی شبکه آبیاری است که ارتباط مستقیمی با بهره‌برداری از منابع آب و خاک دارد. الگوی کشت در شرایط متفاوت بهره‌برداری دستخوش تغییرات زیادی در نوع و تراکم کشت می‌شود که عمده دلایل آن تغییر در ارزش اقتصادی محصولات کشاورزی، مقدار انرژی مصرفی، تغییر در مقدار آب قابل تأمین در دوره‌های مختلف آبی، تغییر در مدیریت مزارع و پیشرفت تکنولوژی است. در زمینه الگوی کشت تحقیقات زیادی انجام شده است، در اینجا چند مطالعه به عنوان نمونه آورده شده است.

Salehi, Bagherian و Peykani (2007) به بهینه‌سازی الگوی کشت در منطقه کازرون با استفاده از روش برنامه‌ریزی خطی پرداختند. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان می‌دهد که در حالت بهینه فقط محصولات گندم، ذرت و خیار در الگوی کشت بهینه جای دارد و هر چه از الگوی کنونی به سمت الگوی بهینه پیش بروند به سطح سود تولیدکنندگان اضافه می‌گردد. این امر نشان‌دهنده این است که استفاده کنونی از منابع به صورت بهینه نبود و امکان سود بیشتر وجود داشت. Ghafari,

Montazeri و Rahimi (2009) با تعیین الگوی کشت بهینه شبکه آبیاری ورامین با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی (Analytical Hierarchy Process AHP) گزارش دادند که اولویت‌بندی محصولات در شبکه آبیاری ورامین به ترتیب، جو، گندم، پنبه، ذرت-صیفی‌جات، یونجه و سبزیجات است. Ghafarzadeh, Zamani و Mortazavi (2013) به تعیین الگوی کشت با تأکید بر مصرف بهینه انرژی و کشاورزی پایدار در استان کردستان پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی، الگوی کشت با اولویت ساختار انرژی، بین الگوی کشت با اولویت اهداف اقتصادی و اهداف زیست‌محیطی قرار گرفته است. Sharifi et al. (2014) به اولویت‌بندی کشت استراتژیک محصولات استان البرز با استفاده از روش دلفی فاز و فرایند تحلیلی سلسله‌مراتب (AHP) پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که اولویت کشت محصولات زراعی استراتژیک در این استان به ترتیب، گندم، جو، ذرت علوفه‌ای، یونجه، پنبه و کلزا است.

Jabbari و Mazlounzadeh, Ziaei (2015) پس از مقایسه میزان انرژی مصرفی و بهره‌وری انرژی برای دو محصول گندم و جو در استان سیستان و بلوچستان به این نتیجه رسیدند که کشت جو در منطقه از لحاظ انرژی مصرفی کارآمدتر از گندم است. Igwe et al. (2015) پس از بررسی الگوی کشت بهینه برای انتخاب محصول بر اساس به حداکثر رساندن سود ناخالص و با در نظر گرفتن نیروی کار و فعالیت‌های تولیدی با استفاده از برنامه‌ریزی خطی در نیجریه، اولویت‌بندی کشت محصولات در

دشت‌های جنوبی منطقه میزان ریزش‌های جوی تا ۲۵۰ میلی‌متر تنزل پیدا می‌کند. در برخی از مناطق دشت قزوین از آب زیرزمینی به‌عنوان تنها منبع آب آبیاری استفاده می‌شود و بخش دیگری از آن تحت پوشش شبکه آبیاری است. همچنین در برخی مناطق دشت قزوین با بهره‌برداری تلفیقی از آب کانال (شبکه) و چاه، آبیاری اراضی کشاورزی انجام می‌شود. کشت عمده محصولات زراعی در این منطقه شامل گندم (محصول پاییزه)، جو (محصول پاییزه)، ذرت دانه‌ای (محصول بهاره) و یونجه (محصول بهاره) است. با توجه به اطلاعات سازمان جهاد کشاورزی در خصوص محصولات کشاورزی، استان قزوین به پنج شهرستان قزوین، تاکستان، آبیک، بوبین‌زهرا و البرز تقسیم می‌شود و بر این اساس تعداد ۲۲ مزرعه انتخابی از پنج شهرستان انتخاب گردید (شکل ۱ و جدول ۱). اطلاعات موردنیاز در این مطالعه از طریق مراجعه حضوری به مزارع انتخابی و تکمیل پرسشنامه، دفترچه‌های طراحی سیستم‌های آبیاری تحت بهره‌برداری در مزارع مورد مطالعه و سازمان جهاد کشاورزی استان قزوین جمع‌آوری گردید. بر اساس اطلاعات استخراج‌شده از تحقیق میدانی و پرسشنامه‌ای و مستندات موجود در دفترچه‌های طراحی و سازمان جهاد کشاورزی، به تعیین اولویت‌بندی کشت محصولات عمده زراعی با توجه به هزینه‌های انرژی و آب در آبیاری بارانی در دو حالت یارانه‌ای و غیر یارانه‌ای در دشت قزوین پرداخته شد. گندک و جو به عنوان محصولات عمده پاییزه و یونجه و ذرت به عنوان محصولات عمده بهاره در منطقه مورد مطالعه هستند.

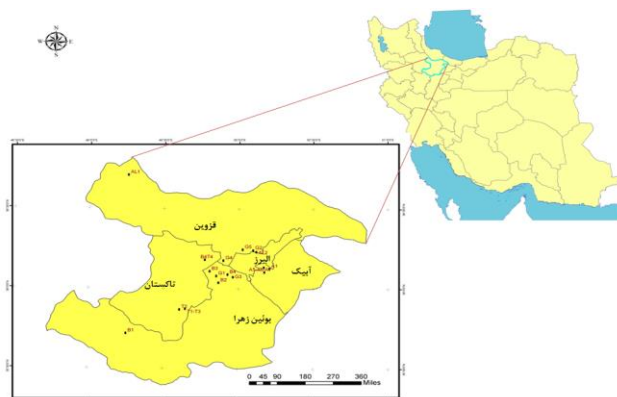
از مدل تاکسونومی عددی برای تعیین الگوی کشت بهینه استفاده گردید. هدف از انتخاب این مدل در نظر گرفتن هم‌زمان تمام عوامل موردنظر می‌باشد (Asayesh, 1996). این عوامل شامل هزینه‌های آب مصرفی، هزینه انرژی (برق) مصرفی، کلیه هزینه‌های زراعی در مزرعه (کاشت، داشت و برداشت)، درآمد حاصل از فروش محصولات مختلف کشاورزی و نسبت درآمد به هزینه برای هریک از محصولات می‌باشد.

این منطقه را به ترتیب ذرت، سیب‌زمینی شیرین، مانیوک و خربزه تعیین نمودند. Adhikary et al. (2015) با مقایسه بازده مصرف آب باران و عملکرد محصولات مختلف تحت سیستم آبیاری سنتی به تعیین الگوی کشت در طی سال‌های خشک‌سالی پرداختند. در میان سبزیجات، اولویت‌بندی کشت به ترتیب کلم، گل‌گلم، زنجبیل و زردچوبه تعیین شد. در میان غلات اولویت‌بندی کشت محصولات به ترتیب ذرت، برنج و ارزن تعیین شد. Dadhich و Garg (2014) پس از ارزیابی جامع الگوی‌های کشت تحت سناریوهای مختلف در شمال چین گزارش کردند که گندم زمستانه، ذرت تابستانه و ذرت بهاره در اولویت کشت قرار دارند.

در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند اکثر نقاط ایران، آب و انرژی مهم‌ترین عوامل محدودکننده توسعه کشاورزی است. ارزش اقتصادی آب و انرژی ارتباط مستقیمی با الگوی کشت محصولات زراعی و تراکم آن‌ها داشته و این الگو طی سال‌های بهره‌برداری دستخوش تغییرات زیادی می‌شود. بنابراین هدف از این مطالعه تعیین اولویت‌بندی کشت محصولات عمده زراعی (ذرت دانه‌ای، جو، گندم و یونجه) در آبیاری بارانی در دو حالت یارانه‌ای و غیر یارانه‌ای با توجه به هزینه‌های انرژی و آب در سیستم‌های آبیاری سطحی و بارانی در دشت قزوین در شرایط بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی و بهره‌برداری تلفیقی از آب زیرزمینی و کانال آبیاری است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در دشت قزوین که یکی از قطب‌های مهم کشاورزی در ایران است انجام شد. استان قزوین در منطقه نیمه کوهستانی و در حدفاصل دو ناحیه مختلف اقلیمی قرار گرفته که از شمال به سلسله جبال البرز و ارتفاعات طالقان و از جنوب به دشت قزوین محدود می‌گردد، بنابراین تغییرات آب و هوایی در منطقه وجود دارد، به‌طوری‌که در ارتفاعات شمالی میزان نزولات جوی بیش از ۶۰۰ میلی‌متر، در شهر قزوین که در دامنه ارتفاعات قرار گرفته حدود ۳۲۰ میلی‌متر و با نزدیک شدن به حاشیه



شکل ۱- موقعیت شهرستان‌ها و مزارع مورد مطالعه در استان قزوین

جدول ۱- مشخصات مزارع مورد مطالعه دشت قزوین

کد مزرعه	نام کشاورز/ شرکت	نام روستا	منطقه	مساحت (هکتار)			مساحت کل
				جو	گندم	یونجه	
A1	عارف رحمانیان	ماجین بخش بشاریات	آبیک	۳	۳	-	۱۲
A2	کشت و صنعت شریف‌آباد	خاک علی	آبیک	-	-	۷۰	۱۴۵
A3	کشت و صنعت شریف‌آباد	خاک علی	آبیک	-	-	۳۰	۶۰
A4	کشت و صنعت شریف‌آباد	خاک علی	آبیک	-	-	۱۵۰	۶۵۰
A5	کشت و صنعت هزار جلفا	خاک علی	آبیک	-	-	۵۷	۵۷
A6	کشت و صنعت هزار جلفا	خاک علی	آبیک	-	۲۲	-	۴۴
A7	کشت و صنعت هزار جلفا	خاک علی	آبیک	-	۲۲	۲۲	۴۴
AL1	حسین طاهر خانی	کلج	البرز	۱	۱	۱	۴
AL2	محسن جلیلود	بیدستان	البرز	-	۱۳	-	۲۷
B1	فرزانه الهام اقدس رحیمی	نجف‌آباد	بویین زهرا	۷/۶	۷/۶	۷/۵	۳۰/۲
B2	رضای اینانلو مرانلو	روستای خادیک	بویین زهرا	۱۲	۱۲	-	۴۸
B3	موسی احمدی	حسن‌آباد	بویین زهرا	۵/۵	۵/۵	۵/۳	۲۱/۸
B4	حبیب خدابنده	قمیک	بویین زهرا	۱/۵	۱/۵	-	۳
G1	علی فلاح شیروانی	مهدی‌آباد	قزوین	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۲
G2	تقی فلاح جعفری	جهان‌آباد	قزوین	۰/۸	۰/۸	-	۲/۴
G3	علی ملا زینعلی	میانچال	قزوین	-	-	۱	۱
G4	محمد مراد جنتی	جنت‌آباد اقبال	قزوین	۱/۲۵	۱/۲۵	۱/۲۵	۵
G5	یوسف شعبانی	اقبالیه	قزوین	۳/۵	۳/۵	۲	۱۱
T1	قربان فرجی	اسفروین	تاکستان	۱	۱	۰/۵	۳
T2	فضل علی حاجی‌زاده	طرویزک	تاکستان	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۲
T3	نورالله محمدی	اسفراین	تاکستان	۱	۱	۰/۵	۳
T4	سید عادل رضوی	قمیک	تاکستان	۲	۱/۵	۱/۵	۶/۵

مقادیر به دست آمده فاصله هر بخش از بخش بعدی را نشان می‌دهد. فاصله بخش‌ها از طریق رابطه (۲) محاسبه گردید.

$$d = \sqrt{a^2 + b^2 + c^2 + d^2 + e^2} \quad (2)$$

که در آن، a، b، c، d و e فواصل بین بخش‌ها هستند.
۵- مشخص کردن بخش‌های همگن:

برای دستیابی به بخش‌های همگن باید حد بالا و حد پایین را برای کوتاه‌ترین فواصل به دست آورد برای این مرحله باید از رابطه (۳) استفاده گردید:

$$D_{\pm} = \bar{d} \pm 2sd \quad (3)$$

که در آن D_{\pm} = حد بالا و حد پایین، sd = انحراف معیار (رابطه ۵) و \bar{d} = میانگین کوتاه‌ترین فاصله که از رابطه (۴) به دست می‌آید:

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{N} \quad (4)$$

$$sd = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2}}{N} \quad (5)$$

که در آن d_i فاصله i ام بین بخش‌ها است.

۶- محاسبه فاصله مرکب هر منطقه از منطقه ایده‌آل:

در این مرحله می‌توان در داخل هر گروه همگن، محصولات را درجه‌بندی کرد. برای این کار مجدداً ماتریس استاندارد را برای هر یک از گروه‌ها تشکیل شد. بزرگ‌ترین عدد در هر یک از ستون‌های ماتریس استاندارد به‌عنوان مقدار ایده‌آل انتخاب گردید. سپس فاصله مرکب هر بخش از بخش ایده‌آل از طریق رابطه (۶) محاسبه شده و آن با علامت C_{io} که در واقع نشان‌دهنده فاصله بخش (i) تا بخش ایده‌آل (o) می‌باشد نشان داده شده است:

$$C_{io} = \sqrt{\sum (z_i - z_0)^2} \quad (6)$$

در این رابطه C_{io} فاصله مرکب هر بخش از بخش ایده‌آل، z_i مقادیر موجود در ماتریس استاندارد و z_0 مقدار ایده‌آل هر ستون در ماتریس فوق است.

۷- محاسبه سطح توسعه بخش‌ها: در این مرحله سطح نسبی توسعه هر بخش را از طریق رابطه (۷) محاسبه گردید:

$$DL = \frac{C_{io}}{C_0} \quad (7)$$

هزینه دریافتی از کشاورزان برای یک مترمکعب آب، در صورتی که منبع آب چاه باشد ۳۰۰ ریال و در صورتی که منبع آب کانال باشد ۱۵۰ ریال بود (Qazvin Regional Water Authority, 2011). اطلاعات مربوط به قیمت برق مصرفی از ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۰ به دست آمد. با توجه به ترازنامه انرژی قیمت برق با احتساب یارانه ۱۲۵/۷ ریال به ازای هر کیلووات ساعت و بدون در نظر گرفتن یارانه ۱۲۴۰/۱ ریال به ازای هر کیلووات ساعت بود (Energy balance sheet, 2011).

مدل تاکسونومی عددی یکی از روش‌های معمول در بررسی سطح توسعه مناطق یا نقاط مورد مطالعه و گروه‌بندی آن‌ها می‌باشد. این مدل اولین بار توسط آندرسون در سال ۱۷۶۳ پیشنهاد شد و در سال ۱۹۶۸ توسط سازمان یونسکو برای سنجش سطح توسعه کشورها توصیه گردید (Asayesh, 1996).

مرحله‌ای که در روش تاکسونومی عددی برای اولویت‌بندی کشت انجام گرفت به شرح زیر است:

۱- ابتدا دو ماتریس اطلاعات اولیه را بر مبنای شاخص‌های مورد استفاده تشکیل شد، به طوری که نام محصول یا محصولات در یک ستون و مقادیر شاخص‌های مورد استفاده در ستون‌های مقابل آن قرار گرفتند.

۲- پس از تهیه ماتریس داده‌ها با توجه به اینکه شاخص‌های مختلف ممکن است دارای مقیاس‌های متفاوت باشند، لازم است تا شاخص‌های مورد استفاده از مقیاس رها شوند و عدم تجانس شاخص‌ها از بین بروند. برای این کار از روش استاندارد کردن استفاده گردید که با تبدیل شاخص‌های اصلی به شاخص استاندارد شده، میانگین کلیه شاخص‌ها برابر صفر و انحراف معیار آن‌ها نیز یک خواهد بود. برای محاسبه ماتریس استاندارد از رابطه (۸) استفاده شد:

$$Z = \frac{(x_{ij} - \bar{x}_i)}{s_i} \quad (8)$$

که در این رابطه، Z مقادیر استاندارد شده، x_{ij} مقدار متغیر i در منطقه j ، \bar{x}_i میانگین متغیر i و s_i انحراف معیار متغیر i است.

۳- محاسبه فواصل بین بخش‌ها:

پس از محاسبه ماتریس استاندارد تفاوت یا فاصله هر بخش را نسبت به بخش‌های دیگر در مورد هر یک از شاخص‌ها به دست آمد. برای این کار ابتدا اولین مقدار ستون اول از مقدار ردیف دوم ستون اول کم شد، سپس اولین مقدار ستون اول از مقدار ردیف سوم ستون اول کم شد، و بعد اولین مقدار ستون اول از مقدار ردیف چهارم ستون اول کم شد و این مرحله را تا پایان و برای کلیه ستون‌ها انجام گردید و یک جدول به دست آمد.

۴- محاسبه فاصله هر بخش از بخش دیگر بر مبنای مجموع شاخص‌های بکار گرفته شده:

اعداد به دست آمده در جدول (۱) مرحله ۳ به توان ۲ رسانده و به صورت افقی با هم جمع شدند و سپس جذر آن‌ها به دست آمد.

محصول کشاورزی یونجه و ذرت دارای هزینه برق مصرفی بیشتری نسبت به گندم و جو هستند که به فصل کشت و آب موردنیاز گیاه مربوط می‌باشد. گندم و جو کشت پاییزه هستند به همین دلیل ساعات آبیاری کمتر و در نتیجه هزینه برق کمتری دارند. هزینه آب برای مزارع مختلف در یک هکتار با احتساب هزینه یارانه‌ای و تمام‌شده در مزارع مورد مطالعه محاسبه شد (جدول ۴).

در سال ۱۳۶۹ آیین‌نامه نحوه اجرای قانون تثبیت آب‌بهای زراعی به اجرا درآمد طی این آیین‌نامه هزینه آب‌بهای دریافتی با تخفیف استراتژی به شرح زیر می‌باشد (Ministry of Energy, 2014):

- متوسط آب‌بها از آب‌های تنظیم‌شده و شبکه‌های مدرن ۳٪ محصول کاشت شده
- متوسط آب‌بها از آب‌های تنظیم‌شده و کانال‌های تلفیقی ۲٪ محصول کاشت شده
- متوسط آب‌بها از آب‌های تنظیم‌شده و کانال‌های سنتی ۱٪ محصول کاشت شده

متوسط هزینه آب یارانه‌ای در این پژوهش در آبیاری بارانی از ۳/۵ تا ۱۲/۵ درصد درآمد کل مزرعه متغیر است که با آیین‌نامه اجرایی در سال ۱۳۶۹ متفاوت می‌باشد و هزینه واقعی آب به مراتب بیشتر می‌باشد. به دلیل کم‌آبی و بحران آب، قیمت آب‌بها در این سال‌ها افزایش یافته است. همچنین آب‌بها دریافتی به‌ازای هر مترمکعب از کشاورز دریافت می‌شود و بر اساس مقدار محصول به‌دست‌آمده نیست.

با مقایسه هزینه‌های آب و انرژی، هزینه‌های دریافتی برای آب بیشتر از هزینه برق به دست آمد. متوسط هزینه‌های آب و برق به کل هزینه زراعی در حالت یارانه‌ای به ترتیب ۱۶/۵۴ و ۲/۳۸ درصد، متوسط هزینه‌های آب و برق به کل هزینه زراعی در حالت غیر یارانه‌ای به ترتیب ۵۶/۷۴ و ۲۲/۶۸ درصد حاصل شد. نسبت درآمد به هزینه محصولات در جدول (۵) آمده است.

متوسط نسبت درآمد به هزینه برای ذرت دانه‌ای، گندم، یونجه و جو به ترتیب ۲/۱۹، ۴/۵۶، ۲/۳۱ و ۳/۶ به دست آمد. نسبت درآمد به هزینه در گندم و جو نسبت به یونجه و ذرت بیشتر شد. ذرت دانه‌ای دارای بالاترین درآمد حاصل از فروش در واحد سطح نسبت به سه محصول دیگر می‌باشد ولی به همان نسبت دارای بالاترین هزینه کلی است به همین دلیل نسبت درآمد به هزینه آن نسبت به گندم و جو کمتر است. همچنین طبق نتایج حاصله، گندم و ذرت به ترتیب در کشت‌های پاییزه و بهار دارای بالاترین میزان سود هستند.

در این رابطه DL سطح توسعه هر محصول، C_{i0} فاصله مرکب هر بخش از بخش ایده‌آل و C_0 از رابطه (۸) محاسبه شد:

$$C_0 = C_{i0}^- + 2S_{i0} \quad (8)$$

C_{i0}^- میانگین ستون است و S_{i0} انحراف معیار ستون C_{i0} که از رابطه (۹) محاسبه شد:

$$S_{i0} = \frac{\sqrt{\sum(C_{i0} - C_{i0}^-)^2}}{N} \quad (9)$$

پس از انجام مراحل بالا با استفاده از شاخص DL به تعیین الگوی کشت پرداخت شد. در این مدل DL (شاخص توسعه) همواره بین صفر و یک است. هر قدر میزان DL به دست‌آمده به سمت صفر میل کند بیانگر توسعه‌یافتگی بخش و هر قدر به یک نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده عقب‌ماندگی بخش فوق می‌باشد. پس از تعیین DL برای هر یک از محصولات، محصولی که دارای کمترین میزان DL است در اولویت برای کشت بهینه قرار می‌گیرد.

پارامترهایی که در این پژوهش برای تعیین اولویت‌بندی اقتصادی کشت استفاده گردید عبارت‌اند از: هزینه برق، هزینه آب، هزینه کلی مزرعه (شامل کاشت، داشت و برداشت)، درآمد حاصل از فروش و نسبت درآمد به هزینه، که توسط مدل تاکسونومی عددی اولویت‌بندی شدند. بر همین اساس ابتدا هزینه‌های آب، برق، درآمد حاصل از فروش محصولات و نسبت درآمد به سود در مزارع مختلف در دو حالت قیمت یارانه‌ای و غیر یارانه‌ای محاسبه گردید. کل حجم آب آبیاری با توجه به دبی و ساعات کار سیستم آبیاری در کل فصل رشد برای هر محصول به دست آمد. با توجه به فشار موردنیاز سیستم آبیاری و ارتفاع پمپاژ آب زیرزمینی، مقدار انرژی مصرفی در کل فصل رشد برای هر یک از مزارع محاسبه شد.

نتایج و بحث

با توجه به آمارنامه سال ۱۳۹۰ (Ministry of Agriculture, 2011) درآمد حاصل از فروش محصولات در مزارع مختلف به دست آمد (جدول ۲). با مقایسه درآمد حاصل از فروش محصولات، ذرت دانه‌ای دارای بالاترین درآمد حاصل از فروش بود.

هزینه برق مصرفی برای مزارع مختلف در یک هکتار با احتساب هزینه یارانه‌ای و غیر یارانه‌ای در مزارع مجهز به آبیاری بارانی محاسبه شد (جدول ۳). هزینه برق در حالت غیر یارانه‌ای تقریباً ده برابر حالت با احتساب یارانه‌ها می‌باشد که نشان‌دهنده حمایت دولت از کشاورزان می‌باشد. همچنین در بین چهار

غلامی و همکاران: اولویت بندی کشت محصولات عمده زراعی دشت قزوین...

جدول ۲- درآمد حاصل از فروش محصولات در مزارع مختلف (برحسب هزار ریال بر هکتار).

کد مزرعه	محصولات زراعی		
	ذرت دانه‌ای	گندم	یونجه
A1	۴۸۱۸۴	۱۷۶۹۰	-
A2	۱۴۳۴۶	-	۴۱۴۷۶
A3	۱۴۳۴۶	-	۴۱۴۷۶
A4	۱۴۳۴۶	-	۴۱۴۷۶
A5	-	-	۴۶۰۸۴
A6	۱۲۷۰۷	۱۹۹۷۴	-
A7	۱۲۷۰۷	-	۴۶۰۸۴
AL1	۱۶۳۹۶	۹۹۸۷	۱۳۸۲۵
AL2	۳۷۸۰۱	۱۵۱۰۷	-
B1	۳۳۹۶۹	۱۲۱۴۱	۳۷۲۱۱
B2	۲۶۶۴۴	۱۶۶۴۵	-
B3	۳۳۹۶۹	۱۲۱۴۱	۳۷۲۱۱
B4	-	۱۲۱۴۱	۹۵۴۹
G1	۲۲۵۴۵	۱۸۳۱۰	۱۲۲۸۹
G2	۲۴۵۹۴	۱۹۹۷۴	-
G3	-	-	۳۰۶۶۷
G4	۳۸۴۶۱	۱۱۱۴۵	۳۰۶۶۷
G5	۴۰۹۹۱	۱۹۹۷۴	۳۰۷۲۳
T1	۴۷۱۳۹	۱۹۹۷۴	۱۲۲۸۹
T2	۴۳۰۴۰	۲۳۳۰۳	۳۰۷۲۳
T3	۴۳۰۴۸	۱۹۹۷۴	۲۱۵۰۶
T4	۱۸۴۴۵	۱۳۳۱۶	۳۵۵۷۱

جدول ۳- هزینه برق مصرفی یارانه‌ای و غیر یارانه‌ای در مزارع انتخابی مجهز به سیستم آبیاری بارانی برای محصولات مختلف در یک هکتار

کد مزرعه	هزینه برق غیر یارانه‌ای (هزار ریال)				هزینه برق یارانه‌ای (هزار ریال)			
	ذرت دانهای	گندم	یونجه	جو	ذرت دانهای	گندم	یونجه	جو
A1	۱۶۳۵	۹۳۴	-	۷۵۲	۱۷۰	۹۷	-	۷۸
A2	۷۸۶	-	۱۱۲۲	-	۸۲	-	۱۱۷	-
A3	۸۲۹	-	۱۱۸۵	-	۸۶	-	۱۲۳	-
A4	۱۴۷۱	-	۱۹۱۱	-	۱۵۳	-	۱۹۹	-
A5	-	-	۱۰۳۵	-	-	-	۱۰۸	-
A6	۱۲۰۵	۱۲۰۵	-	-	۱۲۶	۱۲۶	-	-
A7	۱۱۱۰	-	۲۰۹۷	-	۱۱۶	-	۲۱۹	-
AL1	۳۴۴۵	۸۸۹	۴۳۳۴	۷۱۷	۳۶۰	۹۲	۴۵۳	۷۵
AL2	۱۴۹۳	۸۳۶	-	-	۱۵۶	۸۷	-	-
B1	۳۸۶۳	۱۰۲۰	۴۶۳۵	۸۲۳	۴۰۴	۱۰۶	۴۸۴	۸۶
B2	۴۴۴۵	۱۵۸۰	-	۱۶۹۶	۴۶۴	۱۶۵	-	۱۷۷
B3	۴۲۰۰	۱۱۷۸	۵۴۷۹	۹۴۹	۴۳۹	۱۲۳	۵۷۲	۹۹
B4	-	۱۴۹۳	-	۱۶۹۳	-	۱۵۶	-	۱۷۷
G1	۲۱۹۰	۷۳۵	۲۷۰۱	۸۶۴	۲۲۹	۷۶	۲۸۲	۹۰
G2	۲۲۴۹	۱۱۵۱	-	۱۰۲۴	۲۳۵	۱۲۰	-	۱۰۷
G3	-	-	۳۲۱۰	-	-	-	۳۳۵	-
G4	۴۳۷۱	۱۱۸۰	۵۲۸۳	۹۵۱	۴۵۷	۱۲۳	۵۵۲	۹۹
G5	۴۳۶۲	۱۸۴۴	۷۸۷۰	۲۰۱۱	۴۵۶	۱۹۲	۸۲۲	۲۲۱
T1	۶۴۱۸	۲۵۸۶	۱۲۹۰۵	۲۸۴۶	۶۷۱	۲۷۰	۱۳۴۹	۲۹۷
T2	۵۸۵۴	۱۹۹۲	۷۸۱۴	۲۳۳۱	۶۱۲	۲۰۸	۸۱۷	۲۴۳
T3	۶۹۶۹	۲۷۴۵	۱۳۵۸۵	۱۹۶۹	۷۲۸	۲۸۷	۱۴۲۰	۲۰۵
T4	۴۹۷۷	۱۶۹۳	۶۲۵۶	۱۴۸۶	۵۲۰	۱۷۷	۶۵۴	۱۵۵

غلامی و همکاران: اولویت‌بندی کشت محصولات عمده زراعی دشت قزوین...

جدول ۴- هزینه یارانه‌ای و تمام‌شده آب مصرفی در مزارع انتخابی مجهز به سیستم آبیاری بارانی برای محصولات مختلف در یک هکتار

کد مزرعه	هزینه تمام‌شده (هزار ریال)				هزینه یارانه‌ای (هزار ریال)			
	ذرت دانه‌ای	گندم	یونجه	جو	ذرت دانه‌ای	گندم	یونجه	جو
A1	۳۸۰۵	۲۱۷۵	-	۱۷۵۰	۱۲۶۸	۶۸۹	-	۵۸۳
A2	۶۳۰۰	-	۹۰۰۰	-	۱۴۷۰	۳۰۸۷	۲۱۰۰	-
A3	۶۳۰۰	-	۹۰۰۰	-	۱۴۷۰	۳۰۸۷	۲۱۰۰	-
A4	۶۳۰۰	-	۹۰۰۰	-	۱۴۷۰	۳۰۸۷	۲۱۰۰	-
A5	-	-	۷۶۵۲	-	-	-	۱۷۲۱	-
A6	۸۹۱۳	۸۹۱۳	-	-	۲۰۷۹	۲۰۰۵	-	-
A7	۸۹۱۳	-	۱۵۵۰۲	-	۲۰۷۹	۴۲۱۱	۳۴۸۸	-
AL1	۸۴۰۱	۲۱۶۹	۱۰۵۷۰	۱۷۴۹	۲۸۰۰	۷۲۳	۳۵۲۳	۵۸۳
AL2	۴۴۴۰	۲۴۸۵	-	-	۱۴۸۰	۸۲۸	-	-
B1	۹۰۰۷	۲۳۸۰	۱۰۸۰۵	۱۹۱۹	۳۰۰۲	۷۹۳	۳۶۰۱	۶۳۹
B2	۷۷۷۴	۲۷۶۴	-	۲۹۶۶	۲۵۹۱	۹۲۱	-	۹۸۸
B3	۹۲۰۲	۲۵۸۱	۱۲۰۰۲	۲۰۸۰	۳۰۶۷	۸۶۰	۴۰۰۰	۶۹۳
B4	-	۳۱۰۲	-	۳۵۱۸	-	۱۰۳۴	-	۱۱۷۲
G1	۸۴۸۴	۲۸۴۶	۱۰۴۶۳	۳۳۴۹	۱۴۱۴	۴۷۴	۱۷۴۳	۵۵۸
G2	۹۰۶۶	۴۶۴۱	-	۴۱۲۷	۱۵۱۱	۷۷۳	-	۶۸۷
G3	-	-	۹۴۹۷	-	-	-	۳۱۶۵	-
G4	۸۵۰۲	۲۲۹۷	۱۰۲۷۶	۱۸۵۱	۲۸۳۴	۷۶۵	۳۴۲۵	۶۱۷۰
G5	۸۷۳۵	۳۶۹۳	۱۵۷۶۲	۴۲۳۵	۲۹۱۱	۱۲۳۱	۵۲۵۴	۱۴۱۱
T1	۸۱۷۰	۳۲۹۳	۱۶۴۲۸	۳۰۶۲	۲۷۲۳	۱۰۹۷	۵۴۷۶	۱۲۰۷
T2	۸۶۸۰	۲۹۵۴	۱۱۵۸۷	۳۴۵۷	۲۸۹۳	۹۸۴	۳۸۶۲	۱۱۵۲
T3	۹۲۱۵	۳۶۳۰	۱۷۹۶۳	۲۶۰۳	۳۰۷۱	۱۲۱۰	۵۹۸۷	۸۶۷
T4	۱۰۴۱۷	۳۵۴۵	۱۳۰۹۴	۳۱۱۱	۳۴۷۲	۱۱۸۱	۴۳۶۴	۱۰۳۷

جدول ۵- نسبت درآمد به هزینه کشت محصولات زراعی در مزارع مختلف

محصولات زراعی				کد مزرعه
جو	یونجه	گندم	ذرت	
۳/۹۷	-	۴/۹۳	۲/۵۲	A1
-	۲/۵۱	-	۲/۷۵	A2
-	۲/۵۱	-	۲/۷۵	A3
-	۲/۵۱	-	۲/۷۵	A4
-	۲/۷۹	-	-	A5
-	-	۵/۵۷	۳/۱۳	A6
-	۲/۷۹	-	۳/۱۳	A7
۳/۲۶	۲/۲۳	۲/۷۹	۱/۹۷	AL1
-	-	۴/۲۱	۱/۹۸	AL2
۲/۴	۲/۲۵	۳/۳۹	۱/۷۸	B1
۴/۰۸	-	۴/۶۴	۱/۳۹	B2
۲/۴	۲/۲۵	۳/۳۹	۱/۷۸	B3
۲/۴	-	۳/۳۹	-	B4
۳/۲۶	۱/۸۵	۵/۱۱	۱/۱۸	G1
۴/۸۹	-	۵/۵۷	۱/۲۹	G2
-	۱/۸۶	-	-	G3
۲/۶	۱/۸۶	۳/۱۱	۲/۰۱	G4
۴/۰۸	۱/۸۶	۵/۵۷	۲/۱۴	G5
۴/۰۸	۲/۱۵	۵/۵۷	۲/۴۷	T1
۵/۷۱	۱/۸۶	۶/۵	۲/۲۵	T2
۴/۸۹	۱/۳۰	۵/۵۷	۲/۲۵	T3
۲/۴۵	۲/۱۵	۳/۷۱	۲/۲۵	T4

محصولات الگوی کشت منطقه به ترتیب جو، گندم، پنبه، ذرت و یونجه بود. Sing et al. (2001) از مدل برنامه‌ریزی خطی برای تعیین الگوی کشت بهینه در پاکستان استفاده کردند. بر اساس نتایج آنان، سودآورترین کشت منطقه، کشت محصول گندم تعیین گردید. مطالعه Sharifi et al. (2014) در استان البرز نشان داد که گندم، جو و ذرت علوفه‌ای دارای اولویت بیشتری نسبت به سایر محصولات زراعی با توجه به مصرف بهینه انرژی بودند. در این تحقیق نیز که در دشت قزوین و در دو حالت هزینه‌های یارانه‌ای و غیر یارانه‌ای آب و انرژی انجام شد، گندم برای کشت پاییزه و ذرت دانه‌ای برای کشت بهار با اولویت بالاتر انتخاب شدند.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، میزان هزینه‌های آب، برق مصرفی و میزان درآمد به هزینه هر یک از محصولات برای اولویت‌بندی کشت اقتصادی محاسبه شد. هزینه برق در حالت غیر یارانه‌ای ده برابر حالت یارانه‌ای است. در بین چهار محصول، ذرت دارای بالاترین

اولویت‌بندی کشت اقتصادی پس از اجرای برنامه تاکسونومی عددی و با توجه به سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ و بر اساس هزینه آب، برق (یارانه‌ای)، درآمد حاصل از فروش محصولات، هزینه کلی و نسبت درآمد به هزینه تعیین شد. در این پژوهش مقدار DL در حالت یارانه‌ای برای محصولات گندم، جو، ذرت دانه‌ای و یونجه به ترتیب ۰/۷۰، ۰/۷۸، ۰/۸۵ و ۰/۹۴ به دست آمد. بر طبق این نتایج، چون گندم در کشت پاییزه و ذرت در کشت بهار دارای DL کمتر هستند در اولویت بالاتری برای کشت قرار دارند. همچنین مقدار DL در حالت غیر یارانه‌ای برای محصولات گندم، جو، ذرت دانه‌ای و یونجه به ترتیب ۰/۷۳، ۰/۸۳، ۰/۸۶ و ۰/۹۶ به دست آمد. بر طبق این نتایج، گندم و ذرت به ترتیب در اولویت کشت پاییزه و بهار تشخیص داده شد.

Montazeri, Ghafari و Rahimi (2009) با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به تعیین الگوی کشت بهینه بر روی شبکه ورامین پرداختند. معیارهای در نظر گرفته شده آنان شامل اقتصادی، منابع آب و خاک، عوامل گیاهی و پارامترهای اقلیمی بود. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که اولویت‌بندی

درآمد حاصل از فروش است و به همان نسبت نیز دارای هزینه کلی بیشتری است. متوسط درآمد به هزینه گندم و جو نسبت به یونجه و ذرت بالاتر به دست آمد. همچنین طبق نتایج حاصله گندم و ذرت به ترتیب در کشت پاییزه و بهاره دارای بالاترین میزان سود هستند. الگوی کشت اقتصادی پس از اجرای مدل تاکسونومی عددی بر اساس هزینه آب، برق (یارانه‌ای و غیر یارانه‌ای)، درآمد حاصل از فروش محصولات، هزینه کلی و نسبت

درآمد به هزینه تعیین شد، که بر اساس این مدل، گندم در کشت پاییزه و ذرت در کشت بهاره در اولویت برای کشت تعیین شد.

سیاسگزاری

از صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور که از این طرح پژوهشی به شماره ۹۲۰۱۴۱۳۶ حمایت مالی کرده‌اند سپاس‌گزاری می‌شود.

منابع

- 1- Adhikary, P., Madhu, M., Dash, C. J., Sahoo, D. C., Jakhar, P., Naik, B. S., and Dash, B., 2015. Prioritization of traditional tribal field crops based on RWUE in Koraput district of Odisha. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 14(1), 88-95.
- 2- Asayesh, H., 1996. *Principles and methods of programming*. Payam-e-Nour. (In Persian).
- 3- Bagherian, A., Salehi, A. and Peykani, gh., 2007. Optimization of crop pattern in Kazeroun region by using linier planning method. In 6th *Iran Agricultural Economics conference, Mashahd, Iran*. (In Persian).
- 4- Deputy of Electricity and Energy Affairs, 2011. Energy balance sheet, Planning Office of the Country, Ministry of Energy, Tehran. (In Persian).
- 5- Garg, N. K., and Dadhich, S. M. 2014. Integrated non-linear model for optimal cropping pattern and irrigation scheduling under deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, 140, 1-13.
- 6- Ghafari, A., Montazeri, A. and Rahimi, M., 2009. Determination of Optimum Crop Pattern for Varamin irrigation network by AHP. In 12th *Conference of National Irrigation and Drainage Committee, Tehran, Iran*. (In Persian).
- 7- Igwe, K. C., Nwaru, J. C., Igwe, C. O. K., and Asumugha, G. N. 2015. Optimum resource allocation among selected smallholder root and tuber crops farmers in Abia State, Nigeria. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 15(2), 9892-9904.
- 8- Ministry of Agriculture, 2011. Agricultural statistics, First volume, Agricultural and Horticultural Products, Deputy of Planning and Economics, Office of Statistics and Information Technology. (In Persian).
- 9- Ministry of Energy, 2014. Related laws, pricing practices, and how to receive agricultural water tariffs. (In Persian).
- 10-Qazvin Regional Water Authority, 2011. Annual report of Qazvin water resources, Qazvin Water Resources Office, Qazvin. (In Persian).
- 11-Sharifi, M., Akram, A., Rafiee, Sh. And Sabzeh-parvar, M., 2014. Prioritization of Strategic Cropping of Strategic Products of Alborz Province using the Delphi Phase and AHP. *Agricultural Machines*, 4(1), pp.116-124. (In Persian).
- 12-Singh, D. K., Jaiswal, C. S., Reddy, K. S., Singh, R. M., and Bhandarkar, D. M. 2001. Optimal cropping pattern in a canal command area. *Agricultural Water Management*, 50(1), 1-8.
- 13-Zamani, A., Ghaderzadeh, H. and Mortazavi, A., 2013. Cropping Pattern System Respect to Sustainable Agriculture and Optimum Use of Energy "A case of Saqez County of Kurdistan Province". *Agriculture Science and Sustainable Production*, 24(1), pp.31-43. (In Persian).

- 14-Ziaei, S. M., Mazlounzadeh, S. M., and Jabbary, M. 2015. A comparison of energy use and productivity of wheat and barley (case study). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 14(1), 19-25.



EXTENDED ABSTRACT

Prioritization of Major Agricultural Crops Cultivation Considering the Energy and Water Costs in Qazvin Plain

Z. Gholami¹, H. Ebrahimian^{2*} and H. Noory³

- 1- Graduate student, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran.
- 2* - Corresponding author, Assistant Professor, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran. (*ebrahimian@ut.ac.ir*).
- 3- Assistant Professor, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran.

Received: 7 November 2015

Accepted: 2 October 2016

Keywords: Sprinkler irrigation, Culture prioritizing, Energy, Numerical taxonomy, Qazvin.

Introduction

Limited water resources and energy, low yield utilization of irrigation networks, increasing population and a growing need for these vital resources reveal the necessity of proper planning for optimum use of water resources. The cropping pattern has a major role in the design of irrigation and drainage networks. Ziaei et al. (2015) compared energy productivity of different crops (wheat and barley) in Sistan and Baluchestan province in Iran. Results showed that the amount of energy productivity for wheat and barley fields were 0.056 and 0.066, respectively. Barley production was more efficient from various aspects of energy consumption rather than wheat in the studied region. Adhikary et al. (2015) prioritized the commonly grown crops based on rainwater use efficiency and their comparative performance during water stress condition in India. Results showed that vegetable crops have higher rainwater use efficiency than cereals and pulses. Among the cereals, maize and finger millet performed better in upland areas while they did better in paddies in low lands. Igwe et al. (2015) examined optimum cropping patterns for selected root and tuber crop based production and resource allocation of smallholder farmers in Abia State, Nigeria, using the linear programming approach. They reported that farmers' purchasing power would be enhanced given optimal crop production activity combination and land resource allocation. Singh et al. (2001) and Garg and Dadhich (2014) also studied on optimal cropping pattern in Pakistan and China, respectively. The present study was performed to determine the prioritization of cultivating major agricultural crops (wheat, maize, alfalfa and barley) in sprinkler irrigation systems under both subsidized and non-subsidized conditions with respect to energy and water costs using numerical taxonomy method.

Materials and methods

Ground water is a single water source in some regions of the study area while there is a conjunctive use of ground water and canals for irrigation where agricultural lands are under irrigation canals. In this study, the detailed data of sprinkler irrigation systems (such as water source, system discharge, and pressure and irrigation scheduling) and the crop yields in Qazvin Plain was collected. Major crops in this area are wheat (autumn crop), maize (spring crop), alfalfa (spring crop), and barley (autumn crop). Twenty two farms were chosen in five districts of the

Qazvin plain (i.e. Qazvin, Takestan, Abyek, Buin Zahra and Alborz). The numerical taxonomy method was used to determine optimal cropping pattern with regard to all related factors including water and energy costs, the entire costs of each crop production, the farmer's income, and the benefit-cost ratio. The numerical taxonomy model is one of the current approaches for determining the development level of regions or grouping them. This model was first suggested by Anderson in 1763. The UNESCO recommended using this model for evaluating the development level of countries. Water and energy consumptions for each selected farm were calculated. Mean values of wheat, barley, maize and alfalfa yield were 4.9, 4.4, 7.0 and 10.3 t·ha⁻¹, respectively.

Results and discussion

Comparison of water and energy costs indicated that water cost was greater than energy cost. Under subsidized condition, the mean values of water and energy costs relative to total farm cost were 16.54 and 2.38 %, respectively. However, under non-subsidized condition, these values were 46.74 and 22.68 %, respectively. Water requirements of alfalfa and maize were greater than those of wheat and barley (Allen *et al.*, 1998). As a consequence, alfalfa and barley had the highest and lowest irrigation water volume, respectively. Energy had a slight impact on the benefit-cost ratio due to its small role in the farmer's cost for agricultural production. Mean values of the benefit-cost ratio for maize, wheat, alfalfa and barley were 2.19, 4.56, 2.31 and 3.6, respectively. Wheat and maize were the most economical crops for autumn and spring cultivations, respectively. Alfalfa and maize had higher energy costs as compared to wheat and barley due to more irrigation water requirements. There was a substantial difference between subsidized and non-subsidized energy (electrical) costs, indicating the government's funding. Prioritization of economic cultivations was determined for the 2011-2012 growing year. In this study, values of development level (DL) under subsidized condition were 0.70, 0.78, 0.85 and 0.94 for wheat, barley, maize, and alfalfa, respectively. Based on this finding, wheat and maize had a higher priority to be cultivated in autumn and spring, respectively. In addition, the values of development level under non-subsidized condition were 0.73, 0.83, 0.86 and 0.96 for wheat, barley, maize, and alfalfa, respectively. Under this condition, wheat and maize also had a higher priority compared to other crops.

Conclusion

In this paper, the numerical taxonomy method is used to determine the optimum cropping pattern in Qazvin Plain, Iran. According to the results, wheat and alfalfa had the highest benefit-cost ratio under both subsidized and non-subsidized conditions in autumn and spring cultures, and wheat and corn had the highest priority and amount of profit in autumn and spring cultures, respectively. More investigations are needed to determine the optimum cropping pattern considering all significant related factors under various conditions such as the irrigation system, water and soil quality, and the climate.

References

- 1- Adhikary, P., Madhu, M., Dash, C. J., Sahoo, D. C., Jakhar, P., Naik, B. S., and Dash, B. 2015. Prioritization of traditional tribal field crops based on RWUE in Koraput district of Odisha. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 14(1), 88-95.
- 2- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998. *Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. 300 p.
- 3- Garg, N. K., and Dadhich, S. M. 2014. Integrated non-linear model for optimal cropping pattern and irrigation scheduling under deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, 140, 1-13.
- 4- Igwe, K. C., Nwaru, J. C., Igwe, C. O. K., and Asumugha, G. N. 2015. Optimum resource allocation among selected smallholder root and tuber crops farmers in Abia State, Nigeria. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 15(2), 9892-9904.

- 5- Singh, D. K., Jaiswal, C. S., Reddy, K. S., Singh, R. M., and Bhandarkar, D. M. 2001. Optimal cropping pattern in a canal command area. *Agricultural Water Management*, 50(1), 1-8.
- 6- Ziaei, S. M., Mazlounzadeh, S. M., and Jabbary, M. 2015. A comparison of energy use and productivity of wheat and barley (case study). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 14(1), 19-25.